

537,624

Re PCT/PTO 03 JUN 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

10/537624

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
17. Juni 2004 (17.06.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/051066 A1(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02D 41/20,  
41/22, G01R 31/02[FR/FR]; Rue de la 1ere Armee 65, F-67630 Lauterbourg  
(FR). SCHROD, Walter [DE/DE]; Nittenauer Str. 8,  
93057 Regensburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003635

(22) Internationales Anmeldedatum:  
31. Oktober 2003 (31.10.2003)(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): BR, JP, KR, MX, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).(30) Angaben zur Priorität:  
102 56 456.6 3. Dezember 2002 (03.12.2002) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

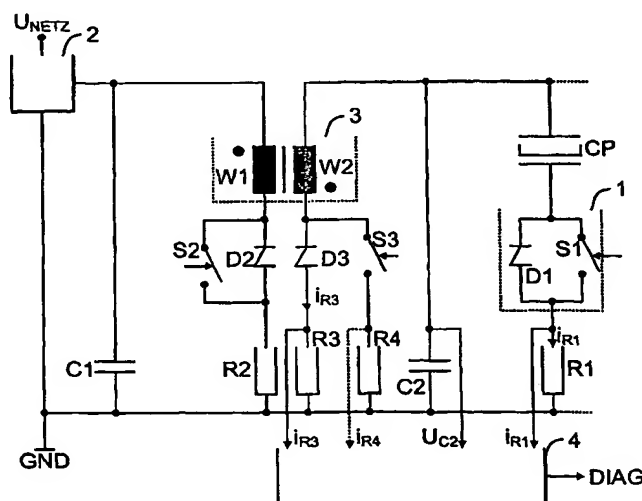
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): CHEMISKY, Eric

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: MONITORING METHOD FOR AN ACTUATOR AND CORRESPONDING DRIVER CIRCUIT

(54) Bezeichnung: ÜBERWACHUNGSVERFAHREN FÜR EINEN AKTOR UND ZUGEHÖRIGE TREIBERSCHALTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a monitoring method for an actuator (CP), in particular for a piezoelectric actuator (CP) on an injection valve for an internal combustion engine, comprising the following steps: measurement of the electrical current ( $i_{R1}$ ), flowing through the actuator (CP) in an actuator circuit, measurement of the electrical current ( $i_{R3}$ ), flowing before or after the actuator (CP) in the actuator circuit, comparison of both measured currents ( $i_{R1}$ ,  $i_{R2}$ ) for recognition of a fault and generation of a diagnostic signal (DIAG), displaying the fault, depending on the comparison. According to the invention, the diagnostic signal (DIAG) can take on at least three different values for the representation of an earth short-circuit, a voltage short-circuit and an error-free status depending on the comparison of the measured currents. The invention further relates to a corresponding driver circuit.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/051066 A1



---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Überwachungsverfahren für einen Aktor (CP), insbesondere für einen piezoelektrischen Aktor (CP) eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, mit den folgenden Schritten: Messung des in einem Aktorstromkreis durch den Aktor (CP) fließenden elektrischen Stroms ( $iR1$ ), Messung des in dem Aktorstromkreis vor oder nach dem Aktor (CP) fließenden elektrischen Stroms ( $iR3$ ), Vergleich der beiden gemessenen Ströme ( $iR1$ ,  $iR2$ ) zur Erkennung einer Störung und Erzeugung eines die Störung anzeigenden Diagnosesignals (DIAG) in Abhängigkeit von dem Vergleich. Es wird vorgeschlagen, dass das Diagnosesignal (DIAG) zur Unterscheidung eines Massekurzschlusses, eines Spannungskurzschlusses und eines fehlerfreien Zustands in Abhängigkeit von dem Vergleich der gemessenen Ströme mindestens drei verschiedene Werte annimmt. Weiterhin umfasst die Erfindung eine entsprechende Treiberschaltung.

## Beschreibung

Überwachungsverfahren für einen Aktor und zugehörige Treiberschaltung

5

Die Erfindung betrifft eine Treiberschaltung für einen Aktor, insbesondere für einen piezoelektrischen Aktor für ein Einspritzventil einer Brennkraftmaschine, sowie ein Überwachungsverfahren für eine derartige Treiberschaltung.

10

In modernen Einspritzanlagen für Brennkraftmaschinen werden piezoelektrische Aktoren als Stellglieder für die Einspritzventile eingesetzt, was im Vergleich zu herkömmlichen Magnetventilen eine hochdynamische Steuerung des Einspritzvorgangs ermöglicht. Der Hub eines derartigen piezoelektrischen Aktors und damit die Ventilstellung des zugehörigen Einspritzventils hängt von dem Ladungszustand ab, so dass der piezoelektrische Aktor entsprechend dem gewünschten Hub aufgeladen bzw. entladen werden muss.

20

Aus EP 1 138 917 A1 ist eine Treiberschaltung zur elektrischen Ansteuerung eines derartigen piezoelektrischen Aktors bekannt, die einen eingangsseitig angeordneten Gleichspannungswandler sowie einen Ladeschalter und einen Entladeschalter aufweist. Der Ladeschalter verbindet eine mit dem Aktor in Reihe geschaltete Diode mit einer Versorgungsspannung, um den Aktor aufzuladen, während der Entladeschalter den Aktor über die Diode mit Masse verbindet, um den Aktor zu entladen. Durch eine pulsweitenmodulierte Ansteuerung des Ladeschalters und des Entladeschalters lässt sich dann der gewünschte Hub des Aktors erreichen.

30

Darüber hinaus ermöglicht die bekannte Treiberschaltung auch die Erkennung eines Massekurzschlusses des Aktors. Hierzu wird im Rahmen einer herkömmlichen Fehlerstrommessung der durch den Aktor fließende elektrische Strom sowie der an anderer Stelle des Aktorstromkreises fließende Strom gemessen.

35

Bei einem fehlerfreien Betrieb müssen die beiden gemessenen Ströme übereinstimmen, wohingegen ein Kurzschluss in dem Ak-  
torstromkreis zu unterschiedlichen Messwerten führt, da der  
Strom zumindest teilweise über den Kurzschluss abfließt. Die  
5 beiden Messwerte werden deshalb miteinander verglichen, wobei  
in Abhängigkeit von dem Vergleich ein entsprechendes Diagno-  
sesignal erzeugt wird.

Nachteilig an dieser bekannten Treiberschaltung ist zunächst  
10 die Tatsache, dass bei einem Kurzschluss innerhalb einer sehr  
kurzen Zeitspanne von rund 10  $\mu$ s eine Abschaltung erfolgen  
muss, um eine Beschädigung der Treiberschaltung zu verhin-  
dern.

15 Ein weiterer Nachteil der bekannten Treiberschaltung besteht  
darin, dass zur Entkopplung der Fehlerstrommessung von dem  
eingangsseitig angeordneten Gleichspannungswandler ein rela-  
tiv hoher schaltungstechnischer Aufwand erforderlich ist. An-  
dernfalls würde der Einfluss des Gleichspannungswandlers auf  
20 die Fehlerstrommessung das Messergebnis verfälschen.

Nachteilig an der bekannten Treiberschaltung ist darüber hin-  
aus die Tatsache, dass nicht zwischen einem Kurzschluss nach  
Masse und einem Kurzschluss gegenüber der Versorgungsspannung  
25 unterschieden werden kann.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine verbes-  
serte Treiberschaltung bzw. ein entsprechendes Überwachungs-  
verfahren für eine Treiberschaltung zu schaffen, wodurch eine  
30 Kurzschlusserkennung und eine Unterscheidung zwischen einem  
Massekurzschluss und einem Batteriekurzschluss ermöglicht  
wird.

Diese Aufgabe wird, ausgehend von dem eingangs beschriebenen  
35 bekannten Überwachungsverfahren gemäß dem Oberbegriff des An-  
spruchs 1, durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1

und hinsichtlich einer entsprechenden Treiberschaltung durch die Merkmale des Anspruchs 10 gelöst.

Die Erfindung umfasst die allgemeine technische Lehre, in Abhängigkeit von dem Vergleich der gemessenen Ströme mindestens drei verschiedene Zustände zu unterscheiden und entsprechend ein Diagnosesignal mit mindestens drei möglichen Zuständen zu erzeugen.

Der im Rahmen der Erfindung verwendete Begriff eines Diagnosesignals mit mehreren möglichen Zuständen ist allgemein zu verstehen und umfasst nicht nur ein Diagnosesignal im engeren Sinne, das beispielsweise drei unterschiedliche Signalpegel annehmen kann. Es ist vielmehr auch möglich, dass das Diagnosesignal aus drei digitalen Signalen besteht, die jeweils einen fehlerfreien Betrieb, einen Massekurzschluss oder einen Kurzschluss gegenüber der Versorgungsspannung anzeigen.

Auch ist die Erfindung nicht auf den eingangs beschriebenen bekannten Typ einer Treiberschaltung beschränkt, sondern auch mit einer andersartigen Treiberschaltung realisierbar. Beispielsweise kann die Treiberschaltung einen Transformator aufweisen, wobei die Primärseite des Transformators über einen Ladeschalter mit einer Versorgungsspannung verbunden ist, während die Sekundärseite über einen Entladeschalter mit dem piezoelektrischen Aktor verbunden ist. Durch eine geeignete pulsweitenmodulierte Ansteuerung des Ladeschalters und des Entladeschalters lässt sich dann der Ladezustand des piezoelektrischen Aktors entsprechend dem gewünschten Hub einstellen, so dass das Einspritzventil zu den vorgegebenen Zeiten entweder öffnet bzw. schließt.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ermöglicht darüber hinaus nicht nur eine Kurzschlusserkennung, sondern auch eine Erkennung eines Leitungsbruchs. So führt eine Unterbrechung des Aktorstromkreises in der Regel zu einem übermäßigen Spannungsanstieg in dem Aktorstromkreis. Es ist deshalb in

dieser Ausführungsform vorgesehen, dass die elektrische Spannung in dem Aktorstromkreis gemessen und das Diagnosesignal in Abhängigkeit von dem Messwert erzeugt wird, wobei das Diagnosesignal zur Unterscheidung eines fehlerfreien Betriebs, eines Massekurzschlusses, Batteriekurzschlusses und einer Leitungunterbrechung mindestens vier verschiedene Zustände annehmen kann.

Zur Erkennung einer Leitungunterbrechung anhand der gemessenen Spannung bestehen verschiedene Möglichkeiten, die im folgenden kurz beschrieben werden.

Eine Variante der Erfindung sieht vor, dass der Spannungsanstieg ausgewertet wird, indem beispielsweise die Zeit gemessen wird, die bis zum Erreichen einer vorgegebenen Spannungsschwelle verstreicht. Diese Variante beruht auf der Erkenntnis, dass die Spannung in dem Aktorstromkreis während eines Ladevorgangs besonders schnell ansteigt, wenn die Leitung zu dem Aktor unterbrochen ist.

20

In einer anderen Variante der Erfindung wird die Spannung gemessen, die sich in dem Aktorstromkreis nach einem Ladeimpuls der Treiberschaltung einstellt. Dieser Messwert wird dann mit der bekannten Zenerspannung der Schutzdiode verglichen, um das Diagnosesignal in Abhängigkeit von dem Vergleich zu erzeugen.

Ferner sieht eine Variante der Erfindung zur Erkennung einer Leitungunterbrechung vor, die Spannung oberhalb des normalen Arbeitsbereichs während des Ladens zu messen, während der Lade Strom begrenzt oder die Primärseite der Treiberschaltung abgeschaltet wird.

Die erfindungsgemäße Fehlerstrommessung in dem Aktorstromkreis kann auf verschiedene Weise erfolgen, wobei im folgenden einige Möglichkeiten kurz beschrieben werden.

Eine Variante der Erfindung sieht vor, dass der Strom in dem Aktorstromkreis an beiden Messpunkten masseseitig ("Low-Side") erfolgt, indem die Spannung jeweils über einem an Masse geschalteten Widerstand gemessen wird. Vorteilhaft an dieser masseseitigen Fehlerstrommessung an beiden Messpunkten ist der relativ geringe schaltungstechnische Aufwand, da die gemessenen Spannungen dem jeweiligen Strom direkt proportional sind.

10 In einer anderen Variante der Erfindung erfolgt die Fehlerstrommessung dagegen an beiden Messpunkten in dem Aktorstromkreis spannungsseitig mittels zweier Messwiderstände ("Shunts"), die spannungsseitig in Reihe in dem Aktorstromkreis angeordnet sind. Der Spannungsabfall über diesen Messwiderständen gibt dann den Strom in dem Aktorstromkreis wieder.

In einer weiteren Variante der Erfindung erfolgt die Fehlerstrommessung in dem Aktorstromkreis dagegen an einem Messpunkt durch einen masseseitigen Messwiderstand und an dem anderen Messpunkt durch einen spannungsseitig angeordneten Messwiderstand.

25 Die vorstehend erwähnte spannungsseitige Fehlerstrommessung kann hierbei auch mit Spulen anstelle eines Messwiderstands erfolgen, was an sich hinlänglich bekannt ist.

In der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist ferner vorgesehen, dass die Messpunkte für die Fehlerstrommessung von dem Eingang der Treiberschaltung schaltungstechnisch entkoppelt sind, um eine eingangsseitige Verfälschung der Fehlerstrommessung zu vermeiden. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Treiberschaltung eingangsseitig einen Gleichspannungswandler aufweist. Die Entkopplung der in dem Aktorstromkreis angeordneten Messpunkte für die Fehlerstrommessung von dem Eingang der Treiberschaltung kann beispielsweise durch eine galvanische Trennung erfolgen, indem zwi-

schen dem Eingang der Treiberschaltung und dem Aktorstromkreis ein Transformator angeordnet wird.

5 Darüber hinaus umfasst die Erfindung auch eine entsprechend ausgestaltete Treiberschaltung, die eine Erkennung und Unterscheidung eines Kurzschlusses gegen Masse und Versorgungsspannung ermöglicht.

10 Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten oder werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

15 Figur 1 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Treiberschaltung,  
Figur 2a und 2b das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren für die Treiberschaltung gemäß Figur 1 als Flussdiagramm sowie  
20 Figur 3a bis 3h verschiedene Fehlerfälle der Treiberschaltung aus Figur 1.

Die in Figur 1 dargestellte Treiberschaltung dient zur elektrischen Ansteuerung piezoelektrischer Aktoren von Einspritzventilen einer Brennkraftmaschine. Zur Vereinfachung ist  
25 hierbei nur ein einziger Aktor CP dargestellt, obwohl bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine entsprechend der Anzahl von Brennräumen mehrere Aktoren vorhanden sind. Die nicht dargestellten Aktoren sind jedoch identisch aufgebaut und parallel zu dem Aktor CP angeschlossen, wie durch die gestrichelten Linien angedeutet ist.  
30

Der Aktor CP ist - wie die nicht dargestellten weiteren Aktoren für die anderen Brennräume der Brennkraftmaschine - in Reihe mit einem Auswahlschalter 1 und einem Widerstand R1 geschaltet, wobei der Auswahlschalter 1 aus einer Parallelschaltung aus einem Schaltelement S1 und einer Diode D1 besteht.  
35 Der Auswahlschalter 1 ermöglicht es, einen der Aktoren für



einen Lade- bzw. Entladevorgang auszuwählen, indem der jeweilige Schalter S1 durchschaltet, während die entsprechenden Schalter für die anderen Aktoren trennen.

- 5 Die Stromversorgung der Treiberschaltung erfolgt durch einen Spannungswandler 2, der ausgangsseitig durch einen Kondensator C1 gepuffert ist und beim Einsatz in einem Kraftfahrzeug von dem Kraftfahrzeugbordnetz mit einer Netzspannung  $U_{\text{NETZ}}=42\text{V}$  versorgt wird.

10

Zwischen dem Aktor CP und dem Spannungswandler 2 ist hierbei ein Transformator 3 mit einer Primärwicklung W1 und einer Sekundärwicklung W2 angeordnet, wobei die Primärwicklung W1 mit dem Spannungswandler 2 verbunden ist, während die Sekundärwicklung mit dem Aktor CP verbunden ist.

15

- Die Primärwicklung W1 des Transformators 3 ist in Reihe mit einem Widerstand R2 und einer Parallelschaltung aus einer Diode D2 und einem Ladeschalter S2 geschaltet. Zum Aufladen des Stellgliedes wird der Ladeschalter S2 mit vorgegebener Frequenz und vorgegebenem Tastverhältnis im Pulsbetrieb mit einer vorgegebenen Zahl von Pulsweitenmodulierten Signalen bei der vorgegebenen Ladespannung angesteuert. Während des leitenden Zustandes des Ladeschalters S2 steigt der Strom durch die Primärspule W1 an und wird zu einem vorgegebenen Zeitpunkt durch Öffnen (nichtleitendsteuern) des Ladeschalters S2 abgebrochen. In dieser nichtleitenden Phase der Primärseite fließt über die Sekundärwicklung W2 bei einem dem Windungsverhältnis  $W2/W1$  entsprechenden Strom eine impulsförmige Spannung, die von einem Kondensator C2 geglättet wird, und lädt den Aktor CP mit jedem Strompuls weiter auf, bis schließlich nach der vorgegebenen Zahl von Pulsen eine vorgegebene Aktorspannung in etwa erreicht ist. Der Sekundärkreis wird beim Laden des Aktors CP über den Auswahlswitch 1 geschlossen.

35

Die Sekundärwicklung W2 des Transformators 3 ist dagegen in Reihe mit zwei parallelen Schaltungszweigen geschaltet, wobei der eine Schaltungszweig aus einer Reihenschaltung einer Diode D3 und einem Widerstand R3 besteht, der den Strom während des Ladevorgangs führt, während der andere Schaltungszweig durch eine Reihenschaltung aus einem Entladeschalter S3 und einem Widerstand R4 gebildet wird und den Strom während des Entladens des Aktors CP führt.

Die Entladung des Aktors CP erfolgt ebenfalls mit pulsweitenmodulierten Signalen dadurch, dass der Entladeschalter S3 pulsförmig leitend und nichtleitend gesteuert wird, wodurch die Aktorspannung sinkt. Dabei fließt der Strom von dem Aktor CP über die Sekundärwicklung W2, den Entladeschalter S3 und den Auswahlshalter 1 zurück zu dem Aktor CP.

Bei jedem Öffnen des Entladeschalters S3 wird ein Teil der Entladeenergie auf die Primärseite des Transformators 3 übertragen und in den Ladekondensator C1 rückgespeichert. Der Primärstromkreis schließt sich über die Diode D2.

Die Ansteuerung des Auswahlhalters 1, des Ladeschalters S2 sowie des Entladeschalters S3 erfolgt in herkömmlicher Weise durch pulsweitenmodulierte Steuersignale und wird deshalb im folgenden nicht weiter detailliert beschrieben.

Darüber hinaus weist die Treiberschaltung eine Diagnoseeinheit 4 auf, um einen Kurzschluss des Aktors CP oder eine Leistungsunterbrechung zu erkennen, wie anhand des in den Figuren 2a und 2b dargestellten Flussdiagramms später beschrieben wird.

Im folgenden werden zunächst verschiedene Fehlerfälle der Treiberschaltung beschrieben, die in den Figuren 3a bis 3h dargestellt sind und von der Diagnoseeinheit 4 erkannt werden können.

Figur 3a zeigt einen Massekurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP, so dass der Kondensator C2 vollständig über den Massekurzschluss entladen wird. Dies hat zum einen die Folge, dass die von der Diagnoseeinheit 4 gemessene Spannung  $U_{C2}$  auf Null abfällt. Zum anderen sind die von der Diagnoseeinheit 4 gemessenen Ströme  $I_{R1}$  und  $I_{R3}$  in dem Aktorstromkreis bei einem Massekurzschluss an dem positiven Anschluss des Aktors CP nicht mehr exakt gleich, da der Aktorstromkreis dann mehrere Maschen aufweist. Die Diagnoseeinheit 4 kann also anhand einer Messung der Spannung  $U_{C2}$  und der Ströme  $I_{R1}$  und  $I_{R3}$  einen Massekurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP erkennen. Das von der Diagnoseeinheit 4 erzeugte Diagnosesignal DIAG nimmt in diesem Fehlerfall den Wert  $DIAG=1$  an, wobei die Bestimmung des Diagnosesignals DIAG noch detailliert anhand des in den Figuren 2a und 2b gezeigten Flussdiagramms beschrieben wird.

Figur 3b zeigt dagegen einen Kurzschluss gegen eine Batteriespannung von +12V am positiven Anschluss des Aktors CP. Auch in diesem Fall stimmen die beiden Ströme  $I_{R1}$  und  $I_{R3}$  nicht exakt überein, da der Aktorstromkreis durch den Kurzschluss mehrere Maschen aufweist. Die von der Diagnoseeinheit 4 gemessene Spannung  $U_{C2}$  ist hierbei jedoch im wesentlichen gleich der Batteriespannung ( $U_{C2} \approx +12V$ ), was eine Unterscheidung von dem in Figur 3a gezeigten Massekurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP ermöglicht. Das von der Diagnoseeinheit 4 erzeugte Diagnosesignal DIAG nimmt in diesem Fehlerfall den Wert  $DIAG=2$  an, wobei die Bestimmung des Diagnosesignals DIAG noch detailliert anhand des in den Figuren 2a und 2b gezeigten Flussdiagramms beschrieben wird.

Figur 3c zeigt weiterhin einen Kurzschluss gegen eine Batteriespannung von +42V am positiven Anschluss des Aktors CP. In diesem Fehlerfall stimmen die Ströme  $I_{R1}$  und  $I_{R3}$  ebenfalls nicht überein, da der Aktorstromkreis durch den Batteriekurzschluss mehrmaschig wird. Die Spannung  $U_{C2}$  ist dabei jedoch im wesentlichen gleich der Batteriespannung, d.h. es gilt

$U_{C2} \approx +42V$ . Das von der Diagnoseeinheit 4 erzeugte Diagnosesignal DIAG nimmt in diesem Fehlerfall den Wert  $DIAG=3$  an, wobei die Bestimmung des Diagnosesignals DIAG noch detailliert anhand des in den Figuren 2a und 2b gezeigten Flussdiagramms beschrieben wird.

Ferner zeigt Figur 3d einen Fehlerfall der Treiberschaltung, in dem am negativen Anschluss des Aktors CP ein Massekurzschluss auftritt. Dies hat wiederum zur Folge, dass die Ströme  $I_{R1}$  und  $I_{R3}$  unterschiedliche Werte annehmen, da der Aktorstromkreis durch den Kurzschluss mehrmaschig wird. Die Spannung  $U_{C2}$  hängt hierbei jedoch von dem Ladungszustand des Aktors ab und kann deutlich über der Batteriespannung von +42V liegen, was eine Unterscheidung von den vorstehend beschriebenen Fehlerfällen ermöglicht, bei denen die Ströme  $I_{R1}$  und  $I_{R3}$  ebenfalls unterschiedlich sind. Das von der Diagnoseeinheit 4 erzeugte Diagnosesignal DIAG nimmt in diesem Fehlerfall den Wert  $DIAG=4$  an, wobei die Bestimmung des Diagnosesignals DIAG noch detailliert anhand des in den Figuren 2a und 2b gezeigten Flussdiagramms beschrieben wird.

Darüber hinaus zeigt Figur 3e einen Fehlerfall der Treiberschaltung, in dem am negativen Anschluss des Aktors CP ein Kurzschluss gegen eine Batteriespannung von +12V auftritt. Dies hat wiederum zur Folge, dass die Ströme  $I_{R1}$  und  $I_{R3}$  unterschiedliche Werte annehmen, da der Aktorstromkreis durch den Kurzschluss mehrmaschig wird. Die Spannung  $U_{C2}$  hängt hierbei ebenfalls von dem Ladungszustand des Aktors und kann deutlich über der Batteriespannung von +42V liegen, was eine Unterscheidung von den in Figuren 3a bis 3c gezeigten Kurzschlüssen am positiven Anschluss des Aktors CP ermöglicht, bei denen die Ströme  $I_{R1}$  und  $I_{R3}$  ebenfalls unterschiedlich sind. Das von der Diagnoseeinheit 4 erzeugte Diagnosesignal DIAG nimmt in diesem Fehlerfall den Wert  $DIAG=5$  an, wobei die Bestimmung des Diagnosesignals DIAG noch detailliert anhand des in den Figuren 2a und 2b gezeigten Flussdiagramms beschrieben wird.

Ferner zeigt Figur 3f einen Fehlerfall der Treiberschaltung, in dem am negativen Anschluss des Aktors CP eine Kurzschluss gegen eine Batteriespannung von +42V auftritt. Hierbei nehmen  
5 die Ströme  $I_{R1}$  und  $I_{R3}$  ebenfalls unterschiedliche Werte an, da der Aktorstromkreis durch den Kurzschluss mehrmaschig wird. Die Spannung  $U_{C2}$  hängt hierbei wiederum von dem Ladungszustand des Aktors und kann deutlich über der Batteriespannung von +42V liegen, was eine Unterscheidung von den in Figuren  
10 3a bis 3c gezeigten Kurzschlüssen am positiven Anschluss des Aktors CP ermöglicht, bei denen die Ströme  $I_{R1}$  und  $I_{R3}$  ebenfalls unterschiedlich sind. Das von der Diagnoseeinheit 4 erzeugte Diagnosesignal DIAG nimmt in diesem Fehlerfall ebenfalls den Wert  $DIAG=5$  an, wobei die Bestimmung des Diagnosesignals  
15 DIAG noch detailliert anhand des in den Figuren 2a und 2b gezeigten Flussdiagramms beschrieben wird.

Die in den Figuren 3d bis 3f gezeigten Fehlerfälle mit einem Kurzschluss am negativen Anschluss des Aktors CP lassen sich  
20 unterscheiden, wenn man bei einem Kurzschluss zusätzlich die Ladung betrachtet, die während einer vorgegebenen Zeitspanne über den Widerstand  $R1$  gegen Masse abfließt. Diese elektrische Ladung ergibt sich nämlich bei aktiviertem Schalter  $S1$  allein aus der Kurzschlussspannung 0V, +12V bzw. +42V, dem  
25 Widerstand  $R1$  und der Integrationszeit. Die dadurch mögliche Unterscheidung der verschiedenen Kurzschlussfälle am negativen Anschluss des Aktors CP wird später anhand der Figuren 2a und 2b detailliert beschrieben.

Figur 3g zeigt einen Fehlerfall der Treiberschaltung, bei dem über dem Aktor CP selbst ein Kurzschluss auftritt. In diesem Fall bleibt der Aktorstromkreis einmaschig, so dass die von der Diagnoseeinheit 4 gemessenen Ströme  $I_{R1}$  und  $I_{R3}$  im wesentlich  
30 gleich groß sind. Der in dem Aktorstromkreis fließende Strom  $I_{R1}$  ist in diesem Fehlerfall jedoch wesentlich größer. Das von der Diagnoseeinheit 4 erzeugte Diagnosesignal DIAG nimmt in diesem Fehlerfall den Wert  $DIAG=7$  an, wobei die Be-

stimmung des Diagnosesignals DIAG noch detailliert anhand des in den Figuren 2a und 2b gezeigten Flussdiagramms beschrieben wird.

- 5 Schließlich zeigt Figur 3h einen Fehlerfall der Treiberschaltung, in dem eine Leitungsunterbrechung in dem Aktorzweig des Aktorstromkreises auftritt. Die Leitungsunterbrechung wird hierbei durch einen unendlichen Leitungswiderstand  $R_L$  dargestellt. Dies hat zur Folge, dass die Treiberschaltung anstelle  
 10 le des Aktors CP den Kondensator C2 auflädt, so dass die von der Diagnoseeinheit 4 gemessene Spannung  $U_{C2}$  auf Werte von mehr als +200V ansteigen kann. Das von der Diagnoseeinheit 4 erzeugte Diagnosesignal DIAG nimmt in diesem Fehlerfall den Wert  $DIAG=8$  an, wobei die Bestimmung des Diagnosesignals DIAG  
 15 noch detailliert anhand des in den Figuren 2a und 2b gezeigten Flussdiagramms beschrieben wird.

Die folgende Tabelle zeigt die verschiedenen Fehlerzustände und den resultierenden Wert des Diagnosesignals:

20

**DIAG: Zeichnung: Fehlerzustand:**

0	Fig. 1	kein Fehler
1	Fig. 3a	Massekurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP
2	Fig. 3b	Batteriekurzschluss gegen +12V am positiven Anschluss des Aktors CP
3	Fig. 3c	Batteriekurzschluss gegen +42V am positiven Anschluss des Aktors CP
4	Fig. 3d	Kurzschluss am negativen Anschluss des Aktors CP gegen Masse oder Batterie
5	Fig. 3e	Batteriekurzschluss am negativen Anschluss des Aktors CP
6	---	Nicht spezifizierbarer Kurzschluss
7	Fig. 3g	Kurzschluss über dem Aktor CP
8	Fig. 3h	Leitungsunterbrechung

Im folgenden wird nun anhand der Figuren 2a und 2b das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren beschrieben, das von der Diagnoseeinheit 4 durchgeführt wird.

5

Zunächst misst die Diagnoseeinheit 4 die elektrische Spannung  $U_{C2}$ , die über dem Kondensator C2 abfällt. Die Kenntnis dieser Spannung ermöglicht beispielsweise die Unterscheidung der in den Figuren 3a bis 3c dargestellten Kurzschlüsse am positiven Anschluss des Aktors.

10

Darüber hinaus misst die Diagnoseeinheit 4 mittels eines Spannungsabgriffs die Spannung, die über dem Widerstand R1 abfällt, wobei diese Spannung den Strom  $i_{R1}$  wiedergibt, der während des Ladevorgangs in dem Aktorstromkreis durch den Widerstand R1 und den Aktor CP fließt.

15

Der Strom  $i_{R1}$  wird dann über eine vorgegebene Beobachtungsdauer aufintegriert, um die Ladung  $Q_1$  zu ermitteln, die während der Beobachtungsdauer über den Widerstand R1 gegen Masse abfließt. Die Kenntnis der Ladung  $Q_1$  ermöglicht eine Unterscheidung der in den Figuren 3f-3h dargestellten Fehlerfälle, wie noch detailliert beschrieben wird.

20

Weiterhin misst die Diagnoseeinheit 4 über einen Spannungsabgriff die über dem Widerstand R3 abfallende Spannung, die den Strom  $i_{R3}$  wiedergibt, der während des Ladevorgangs im Aktorstromkreis durch den Widerstand R3 fließt.

25

Bei fehlerfreiem Betrieb ohne Kurzschluss oder Leitungsunterbrechung müssen die Ströme  $i_{R3}$  und  $i_{R1}$  ohne größere Abweichungen übereinstimmen. Die Diagnoseeinheit 4 berechnet deshalb den Fehlerstrom  $\Delta i = i_{R3} + i_{R1}$  am Massepunkt und vergleicht diese Abweichung  $\Delta i$  mit einem negativen Grenzwert  $I1 < 0A$  und einem positiven Grenzwert  $I2 > 0A$ , um das Diagnosesignal DIAG in Abhängigkeit von dem Vergleich zu erzeugen.

30

35

Zunächst wird der Fehlerstrom  $\Delta i$  mit dem negativen Grenzwert  $I_l$  verglichen, um zu überprüfen, ob ein Kurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP vorliegt. Bei einem Kurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP ist der Strom  $i_{R3}$  nämlich betragsmäßig wesentlich größer als der Strom  $i_{R1}$ , so dass der Fehlerstrom  $\Delta i$  den negativen Grenzwert  $I_l$  unterschreitet. In diesem Fall setzt die Diagnoseeinheit 4 das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren mit den in Figur 2b gezeigten Verfahrensschritten fort, die nachfolgend beschrieben werden.

In Figur 2b wird zunächst überprüft, ob der Kurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP ein Massekurzschluss ist. In diesem Fall muss nämlich die Spannung  $U_{c2}$  näherungsweise mit dem Massepotential übereinstimmen. Die Diagnoseeinheit 4 vergleicht die gemessene Spannung  $U_{c2}$  deshalb mit Massepotential 0V und mit einem positiven Grenzwert +6V, wobei ein Massekurzschluss angenommen wird, wenn die Spannung  $U_{c2}$  innerhalb dieses Spannungsbereichs liegt. Die Diagnoseeinheit 4 setzt das Diagnosesignal DIAG dann auf den Wert DIAG=1, um einen Massekurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP anzuzeigen. Anschließend beendet die Diagnoseeinheit 4 dann das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren, da der Fehler erkannt und angezeigt wurde.

Andernfalls prüft die Diagnoseeinheit, ob der Kurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP ein Kurzschluss gegen die Batteriespannung von +12V ist. In einem solchen Fall muss die von der Diagnoseeinheit 4 gemessene Spannung  $U_{c2}$  nämlich zwischen +6V und +19V liegen. Die Diagnoseeinheit 4 vergleicht die Spannung  $U_{c2}$  deshalb mit diesen Grenzwerten und setzt das Diagnosesignal DIAG ggf. auf einen Wert DIAG=2, um anzuzeigen, dass der positive Anschluss des Aktors CP einen Kurzschluss gegenüber der Batteriespannung von +12V aufweist. Anschließend beendet die Diagnoseeinheit 4 dann das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren, da der Fehler erkannt und angezeigt wurde.



Falls die Prüfung der Spannung  $U_{C2}$  weder einen Massekurzschluss noch einen Batteriekurzschluss gegen +12V am positiven Anschluss des Aktors CP ergibt, so prüft die Diagnoseeinheit 4 in einem nächsten Schritt, ob der positive Anschluss des Aktors CP einen Kurzschluss gegen die Batteriespannung von +42V aufweist. In diesem Fall muss die von der Diagnoseeinheit 4 gemessene Spannung  $U_{C2}$  nämlich zwischen +19V und +60V liegen. Die Diagnoseeinheit 4 vergleicht die Spannung  $U_{C2}$  deshalb mit diesen Grenzwerten und setzt das Diagnosesignal DIAG ggf. auf einen Wert  $DIAG=3$ , um anzuzeigen, dass der positive Anschluss des Aktors CP einen Kurzschluss gegenüber der Batteriespannung von +42V aufweist. Anschließend beendet die Diagnoseeinheit 4 dann das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren, da der Fehler erkannt und angezeigt wurde.

Wenn auch diese Prüfung keinen Kurzschluss am positiven Anschluss des Aktors CP ergibt, so wird in einem nächsten Schritt ein Kurzschluss am negativen Anschluss des Aktors CP angenommen. Hierbei kann jedoch nicht weiter spezifiziert werden, ob der negative Anschluss des Aktors CP einen Kurzschluss gegenüber Masse oder gegenüber Batteriespannung aufweist. Es kann also einer der in den Figuren 3d bis 3f dargestellten Fehlerfälle vorliegen. Die Diagnoseeinheit 4 setzt das Diagnosesignal DIAG dann mangels weiterer Informationen auf den Wert  $DIAG=4$  und beendet anschließend das Überwachungsverfahren.

Im folgenden wird nun die Beschreibung von Figur 2a für den Fall fortgesetzt, dass der Fehlerstrom  $\Delta i$  positiv oder betragsmäßig kleiner als der Grenzwert  $I_1$  ist.

In diesem Fall wird in einem nächsten Schritt überprüft, ob der Fehlerstrom  $\Delta i$  den positiven Grenzwert  $I_2$  überschreitet.

Falls diese nicht der Fall ist, so sind die beiden Ströme  $i_{R1}$  und  $i_{R3}$  im wesentlichen gleich groß. Dies lässt den Schluss

zu, dass weder ein Batteriekurzschluss noch ein Massekurzschluss vorliegt.

In einem weiteren Schritt wird dann geprüft, ob ein Kurzschluss über dem Aktor CP vorliegt, was als Fehlerfall in Figur 3g dargestellt ist. Hierzu vergleicht die Diagnoseeinheit 4 die über den Widerstand R1 nach Masse abgeflossene Ladung  $Q_1$  mit einem vorgegebenen Grenzwert  $Q_{MAX}$ . Falls die Ladung  $Q_1$  den Grenzwert  $Q_{MAX}$  überschreitet, so liegt ein Kurzschluss über dem Aktor CP vor und die Diagnoseeinheit 4 setzt das Diagnosesignal DIAG auf den Wert DIAG=7. Anschließend beendet die Diagnoseeinheit 4 dann das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren, da der Fehler erkannt und angezeigt wurde.

Andernfalls prüft die Diagnoseeinheit 4 in einem weiteren Schritt, ob der in Figur 3h dargestellte Fehlerfall einer Leitungsunterbrechung vorliegt. Hierzu vergleicht die Diagnoseeinheit 4 die gemessene Spannung  $U_{C2}$  mit einem vorgegebenen Grenzwert von +200V. Falls die Spannung  $U_{C2}$  den Grenzwert überschreitet, so liegt eine Leitungsunterbrechung vor und die Diagnoseeinheit 4 setzt das Diagnosesignal DIAG auf den Wert DIAG=8. Anschließend beendet die Diagnoseeinheit 4 dann das erfindungsgemäße Überwachungsverfahren, da der Fehler erkannt und angezeigt wurde.

Falls die Überprüfung des Fehlerstroms  $\Delta i$  dagegen ergibt, dass der positive Grenzwert I2 überschritten wird, so muss ein Kurzschluss im Aktorstromkreis vorliegen.

In einem nächsten Schritt wird dann überprüft, ob die über den Widerstand R1 nach Masse abgeflossene Ladung den vorgegebenen Grenzwert  $Q_{MAX}$  überschreitet.

Falls dies der Fall ist, so liegt ein Batteriekurzschluss am negativen Anschluss des Aktors CP vor und die Diagnoseeinheit setzt das Diagnosesignal DIAG auf den Wert DIAG=5. Anschließend beendet die Diagnoseeinheit 4 dann das erfindungsgemäße

Überwachungsverfahren, da der Fehler erkannt und angezeigt wurde.

- Andernfalls liegt dagegen ein nicht näher spezifizierbarer Kurzschluss vor, so dass die Diagnoseeinheit das Diagnosesignal DIAG auf den Wert DIAG=6 setzt und das Überwachungsverfahren anschließend beendet, da der Fehler erkannt und angezeigt wurde.
- 10 Bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Fehlererkennung nur während eines Ladevorgangs durchgeführt werden, da nur dann der Strom in dem Aktorstromkreis durch den Widerstand R3 fließt und gemessen werden kann. Während eines Entladevorgangs ist dagegen der
- 15 Entladeschalter S3 geschlossen, so dass der Strom in dem Aktorstromkreis durch den Widerstand R4 fließt.

- In einer Variante der Erfindung wird deshalb zusätzlich der Strom  $i_{R4}$  durch den Widerstand R4 gemessen, um auch während
- 20 eines Entladevorgangs eine Fehlererkennung zu ermöglichen. Hierzu ist zusätzlich ein gestrichelt dargestellter Spannungsabgriff vorgesehen, über den die Diagnoseeinheit 4 den Strom  $i_{R4}$  durch den Widerstand R4 misst.

- 25 Die Erfindung ist nicht auf das vorstehend beschriebene bevorzugte Ausführungsbeispiel beschränkt. Vielmehr ist eine Vielzahl von Varianten und Abwandlungen möglich, die ebenfalls von dem Erfindungsgedanken Gebrauch machen und deshalb in den Schutzbereich fallen.

## Patentansprüche

1. Überwachungsverfahren für einen Aktor (CP), insbesondere  
5 für einen piezoelektrischen Aktor (CP) eines Einspritzventils  
einer Brennkraftmaschine, mit den folgenden Schritten:

- Messung des in einem Aktorstromkreis durch den Aktor (CP)  
fließenden elektrischen Stroms ( $i_{R1}$ ),
- Messung des in dem Aktorstromkreis vor oder nach dem Aktor  
10 (CP) fließenden elektrischen Stroms ( $i_{R3}$ ),
- Vergleich der beiden gemessenen Ströme ( $i_{R1}$ ,  $i_{R3}$ ) zur Er-  
kennung einer Störung und
- Erzeugung eines die Störung anzeigenden Diagnosesig-  
nals (DIAG) in Abhängigkeit von dem Vergleich,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass das Diagnosesignal (DIAG) zur Unterscheidung eines Mas-  
sekurzschlusses, eines Spannungskurzschlusses und eines feh-  
lerfreien Zustands in Abhängigkeit von dem Vergleich der ge-  
messenen Ströme mindestens drei verschiedene Werte annimmt.

20 2. Überwachungsverfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass das Diagnosesignal (DIAG) zur Unterscheidung eines Span-  
nungskurzschlusses gegen eine erste Spannung und eines Span-  
25 nungskurzschlusses gegen eine zweite Spannung in Abhängigkeit  
von dem Vergleich der beiden gemessenen Ströme ( $i_{R1}$ ,  $i_{R3}$ ) min-  
destens vier verschiedene Werte annimmt.

30 3. Überwachungsverfahren nach Anspruch 1 und/oder An-  
spruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die elektrische Spannung ( $U_{C2}$ ) in dem Aktorstromkreis  
gemessen und das Diagnosesignal (DIAG) in Abhängigkeit von  
der gemessenen Spannung ( $U_{C2}$ ) erzeugt wird.

35 4. Überwachungsverfahren nach Anspruch 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass der Spannungsanstieg ermittelt und das Diagnosesignal (DIAG) in Abhängigkeit von dem gemessenen Spannungsanstieg erzeugt wird.

- 5 5. Überwachungsverfahren nach Anspruch 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Spannung ( $U_{C2}$ ) während eines Ladevorgangs gemessen  
und das Diagnosesignal (DIAG) in Abhängigkeit von der gemessenen Spannung ( $U_{C2}$ ) erzeugt wird.
- 10 6. Überwachungsverfahren nach Anspruch 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Spannung ( $U_{C2}$ ) zwischen einem Ladevorgang und einem  
Entladevorgang gemessen und das Diagnosesignal (DIAG) in Ab-  
15 hängigkeit von der gemessenen Spannung ( $U_{C2}$ ) erzeugt wird.
7. Überwachungsverfahren nach mindestens einem der vorher-  
gehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
20 das die Messung des in dem Aktorstromkreis fließenden Stroms  
( $i_{R1}$ ,  $i_{R2}$ ) an zwei masseseitigen Messpunkten erfolgt.
8. Überwachungsverfahren nach mindestens einem der Ansprü-  
che 1 bis 6,  
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
das die Messung des in dem Aktorstromkreis fließenden Stroms  
( $i_{R1}$ ,  $i_{R2}$ ) an zwei spannungsseitigen Messpunkten erfolgt.
9. Überwachungsverfahren nach mindestens einem der Ansprü-  
che 1 bis 6,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
das die Messung des in dem Aktorstromkreis fließenden Stroms  
( $i_{R1}$ ,  $i_{R2}$ ) an einem masseseitigen Messpunkt und an einem span-  
nungsseitigen Messpunkt erfolgt.

10. Treiberschaltung für einen Aktor (CP), insbesondere für einen piezoelektrischen Aktor (CP) für ein Einspritzventil einer Brennkraftmaschine, mit

5 einem Aktorstromkreis zum Laden und Entladen des in dem Aktorstromkreis angeordneten Aktors (CP),

einer ersten Messeinrichtung (R1, 4) zur Messung des durch den Aktor (CP) fließenden elektrischen Stroms ( $i_{R1}$ ),

10

einer zweiten Messeinrichtung (R3, 4) zur Messung des in dem Aktorstromkreis vor oder nach dem Aktor (CP) fließenden elektrischen Stroms ( $i_{R3}$ ),

15 einer Vergleichereinheit (4) zum Vergleich der beiden gemessenen elektrischen Ströme ( $i_{R1}$ ,  $i_{R3}$ ) und zur Erzeugung eines Diagnosesignals (DIAG) in Abhängigkeit von dem Vergleich,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

20

dass das Diagnosesignal (DIAG) zur Unterscheidung eines Massekurzschlusses, eines Spannungskurzschlusses und eines fehlerfreien Zustands in Abhängigkeit von dem Vergleich der gemessenen Ströme ( $i_{R1}$ ,  $i_{R3}$ ) mindestens drei verschiedene mögliche Werte aufweist.

25

11. Treiberschaltung nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch einen Transformator (3) mit einer Primärwicklung (W1) und einer Sekundärwicklung (W2), wobei die Sekundärwicklung (W2) in dem Aktorstromkreis angeordnet ist,

30

12. Treiberschaltung nach Anspruch 10 und/oder Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,

35

dass der Aktorstromkreis einen ersten Schaltungszweig (S3, R4) und einen parallelen zweiten Schaltungszweig (D3, R3) aufweist,

wobei der erste Schaltungszweig (S3, R4) einen Entladeschalter (S3) enthält und den elektrischen Strom während des Entladevorgangs führt,

5 während der zweite Schaltungszweig (D3, R3) eine Diode (D3) enthält und den elektrischen Strom während des Ladevorgangs führt.

13. Treiberschaltung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 12,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die erste Messeinrichtung einen ersten Messwiderstand (R1) aufweist, der mit dem Aktor (CP) in Reihe geschaltet ist.

15 14. Treiberschaltung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die zweite Messeinrichtung einen zweiten Messwiderstand (R3) aufweist, der mit der Sekundärwicklung (W2) des Transformators (3) in Reihe geschaltet ist.

15. Treiberschaltung nach Anspruch 14,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass der zweite Messwiderstand (R3) in dem zweiten Schaltungszweig (D3, R3) angeordnet ist.

16. Treiberschaltung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 15,

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
30 eine dritte Messeinrichtung (C2, 4) zur Messung der während des Ladevorgangs in dem Aktorstromkreis entstehenden elektrischen Spannung ( $U_{C2}$ ), wobei die dritte Messeinrichtung mit der Vergleichereinheit (4) verbunden ist, um das Diagnosesignal (DIAG) in Abhängigkeit von der gemessenen Spannung ( $U_{C2}$ )  
35 zu erzeugen.

17. Treiberschaltung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 16,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

5 dass die erste Messeinrichtung (R1, 4) und die zweite Messeinrichtung (R3, 4) in dem Aktorstromkreis masseseitig angeordnet sind.

18. Treiberschaltung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 17,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass die erste Messeinrichtung und die zweite Messeinrichtung in dem Aktorstromkreis spannungsseitig angeordnet sind.

19. Treiberschaltung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 17,

15

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass eine der beiden Messeinrichtungen masseseitig angeordnet ist, während die andere Messeinrichtung spannungsseitig angeordnet ist.

20

20. Treiberschaltung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 19,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

25 dass die erste Messeinrichtung (R1, 4) und/oder die zweite Messeinrichtung (R3, 4) von dem Schaltungseingang entkoppelt sind.



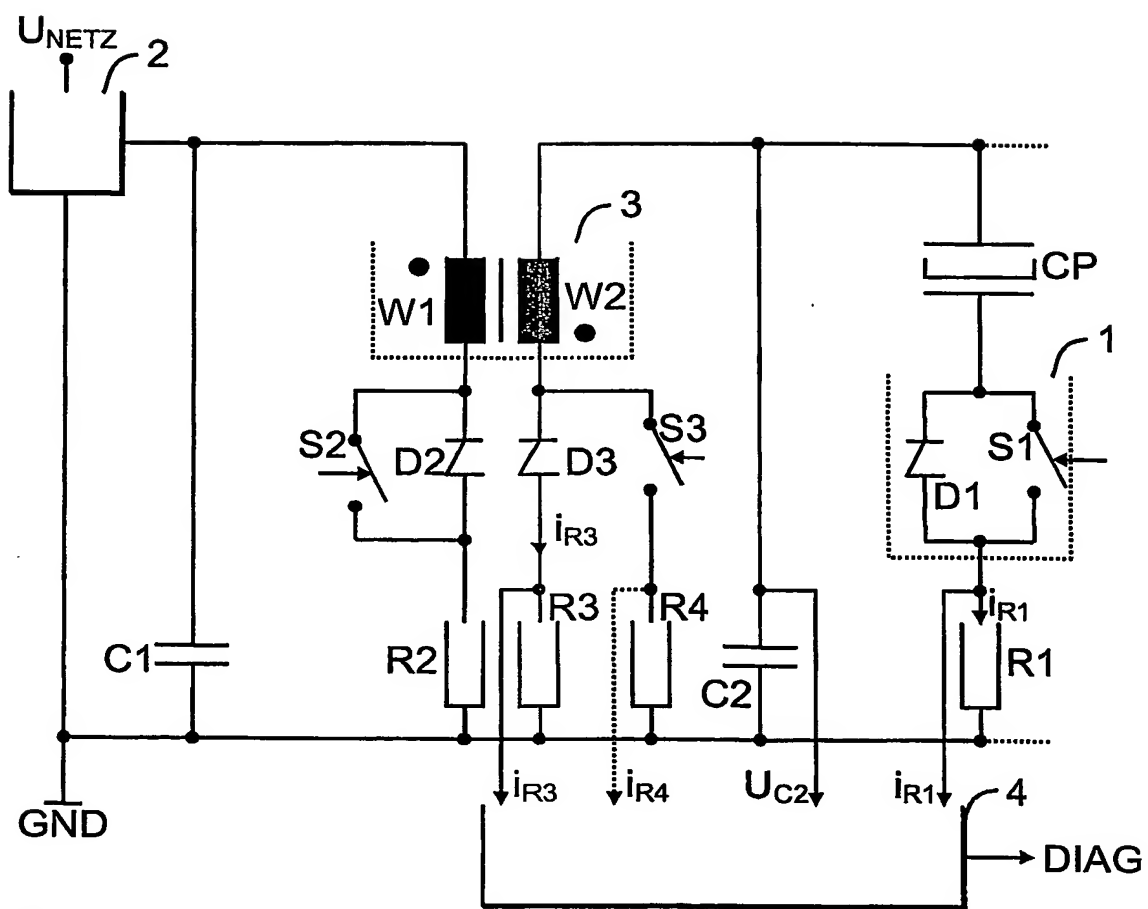


FIG 1

2 / 11

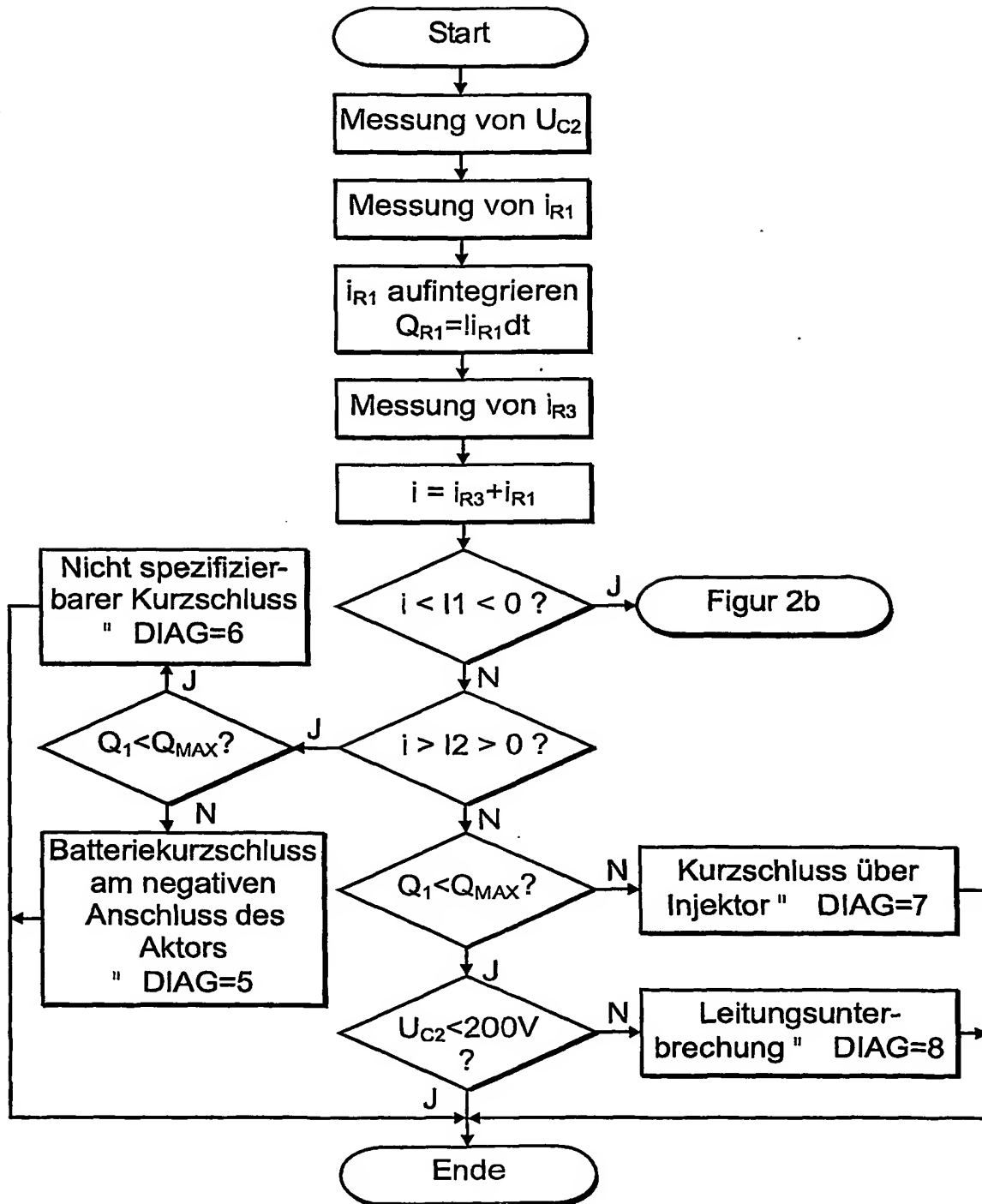


FIG 2a

3 / 11

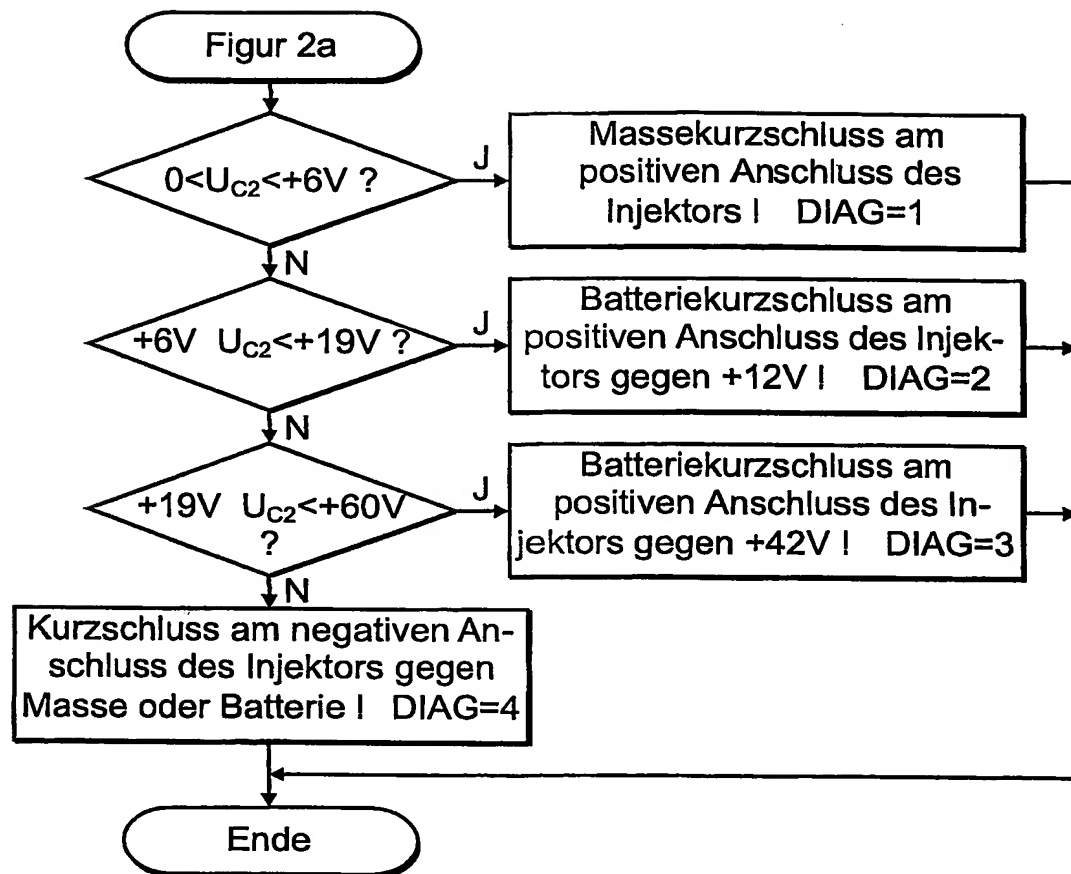


FIG 2b

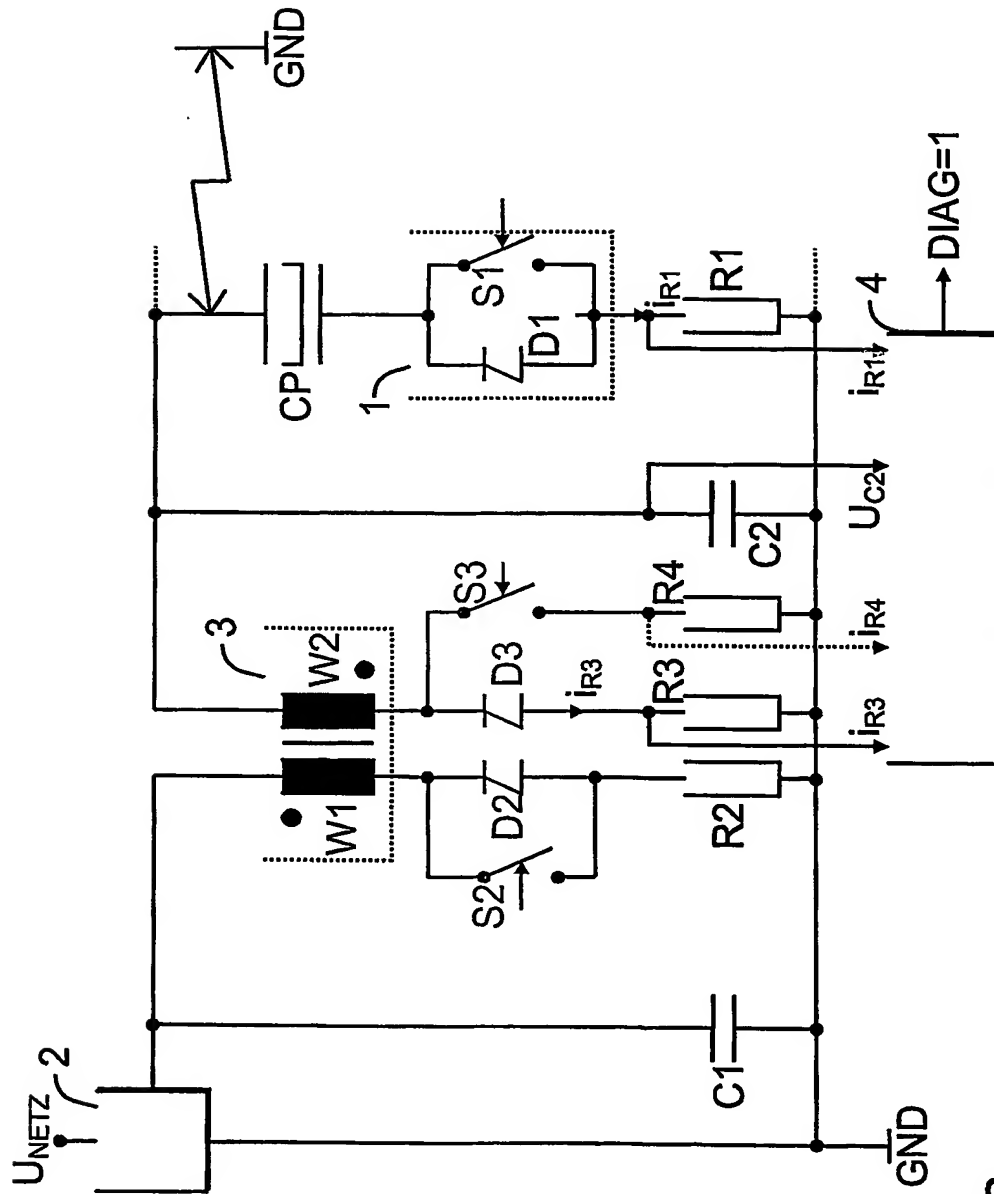


FIG 3a

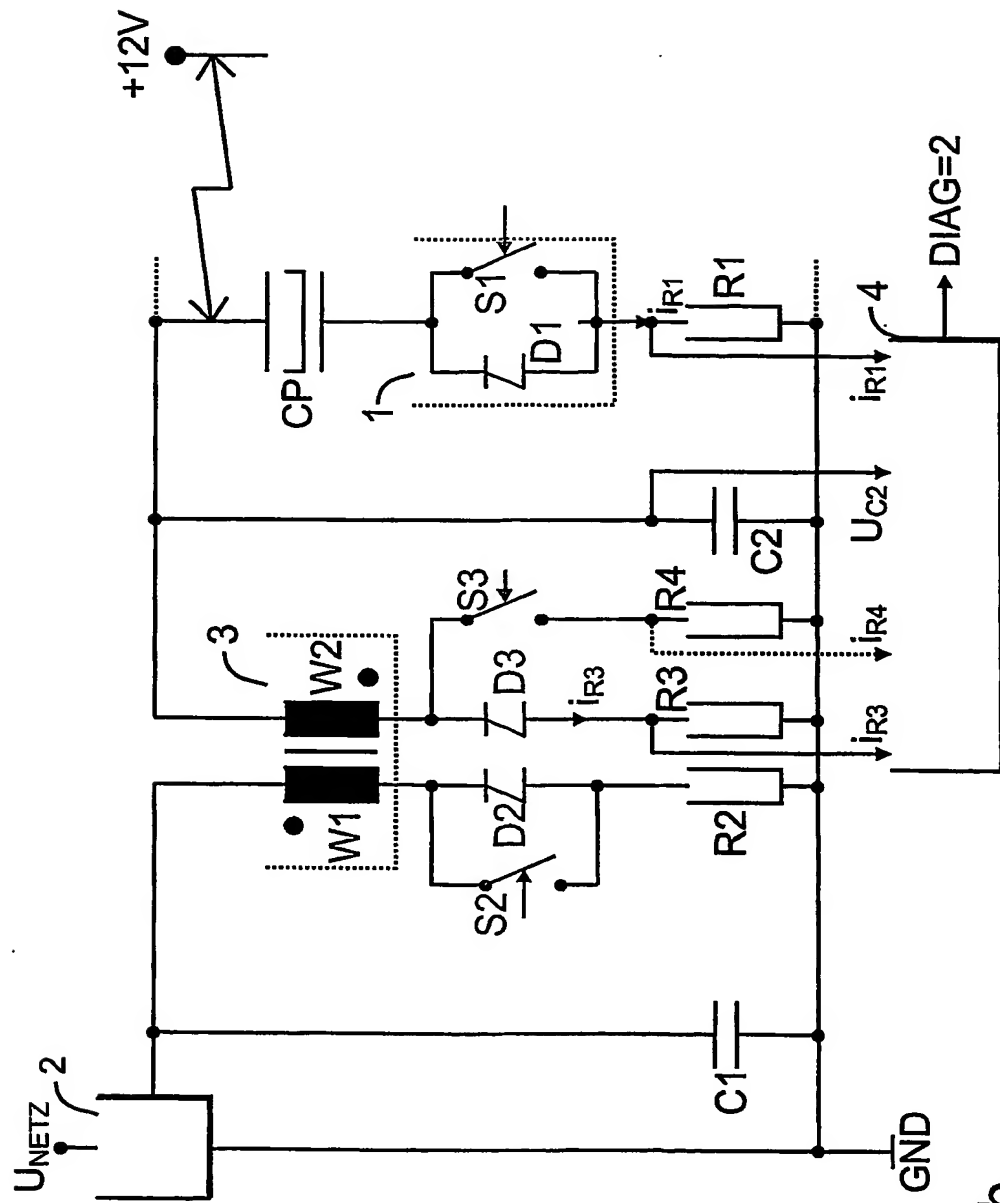


FIG 3b

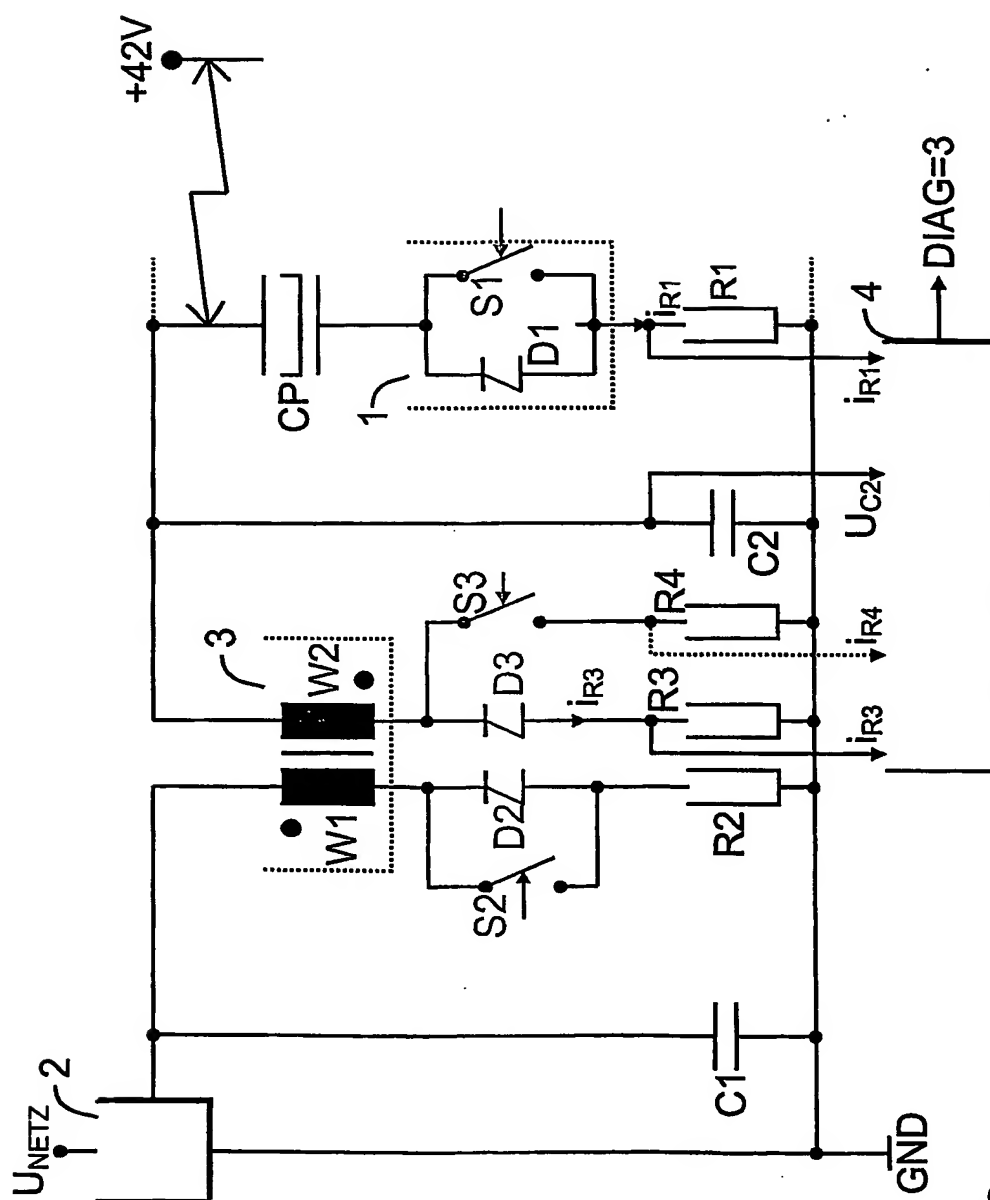


FIG 3C

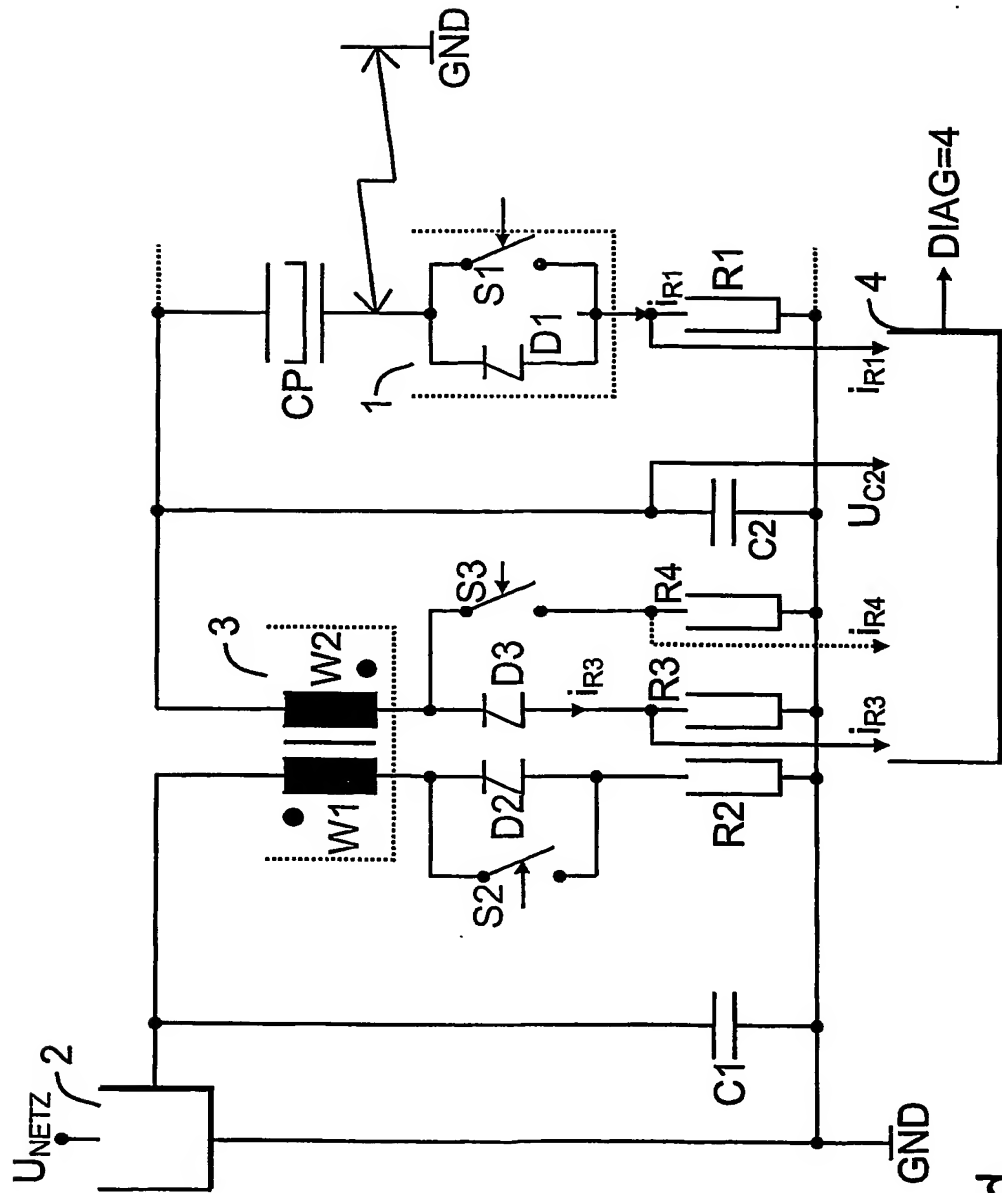


FIG 3d

8 / 11

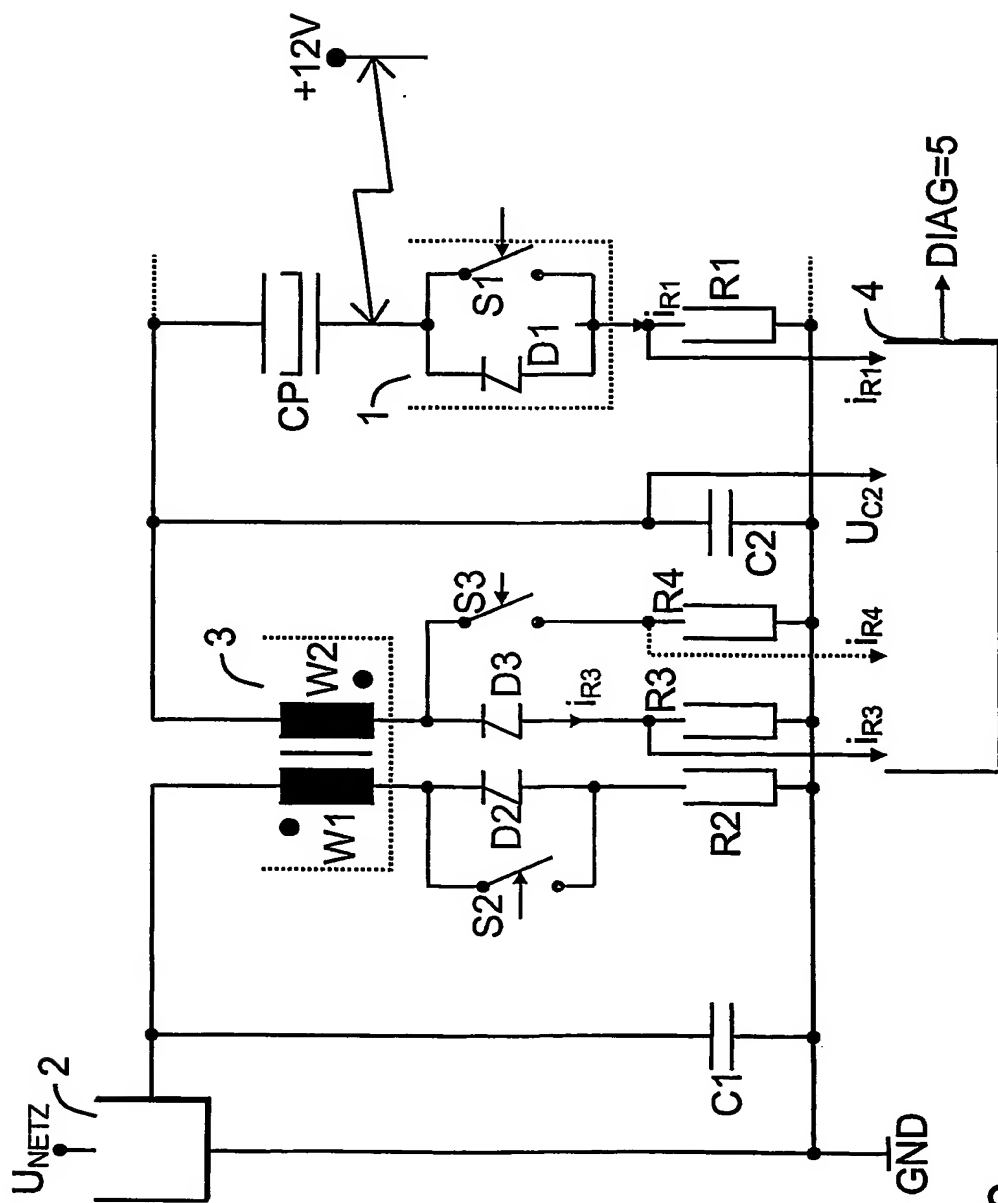
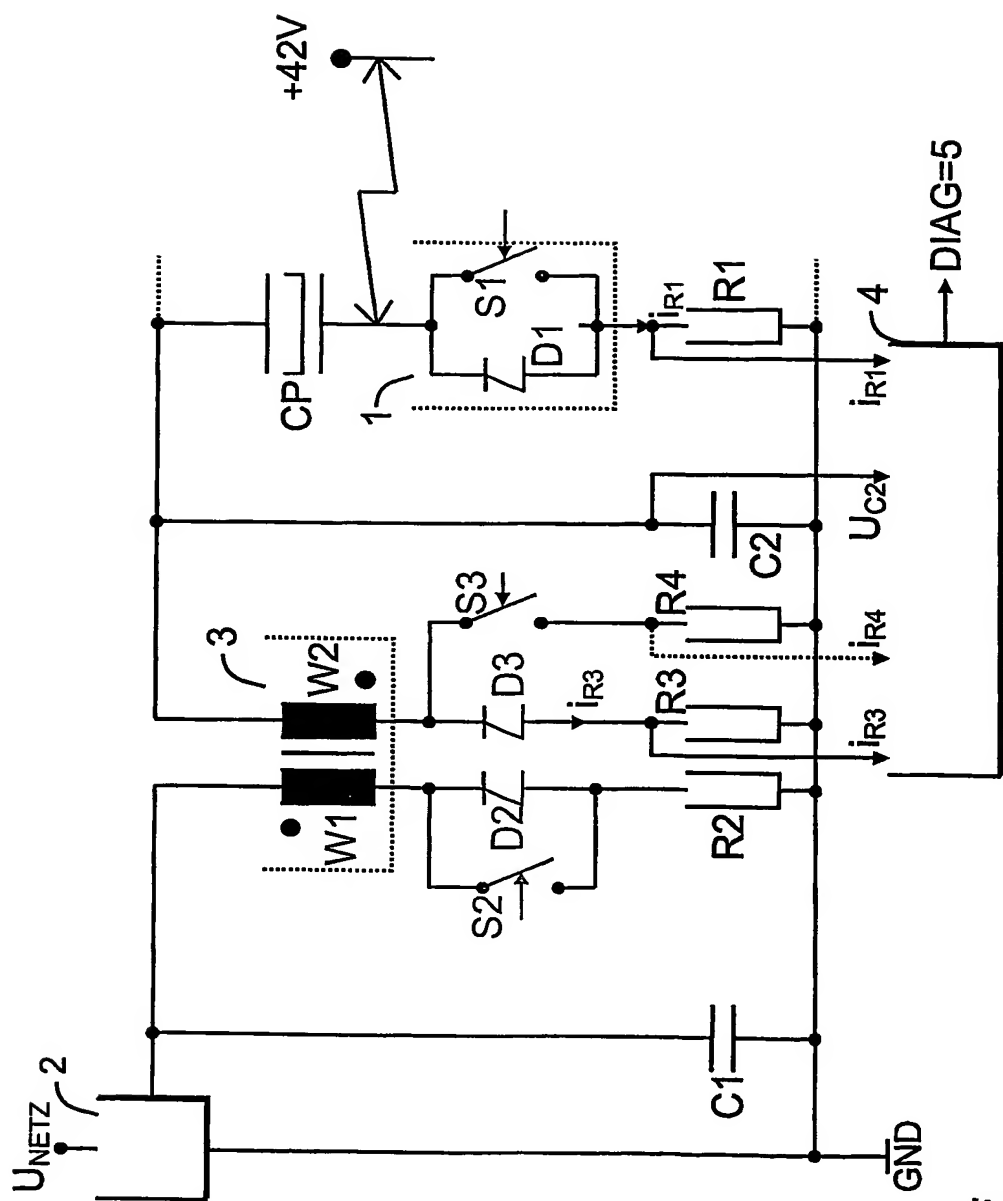


FIG 3e





**FIG 3f**

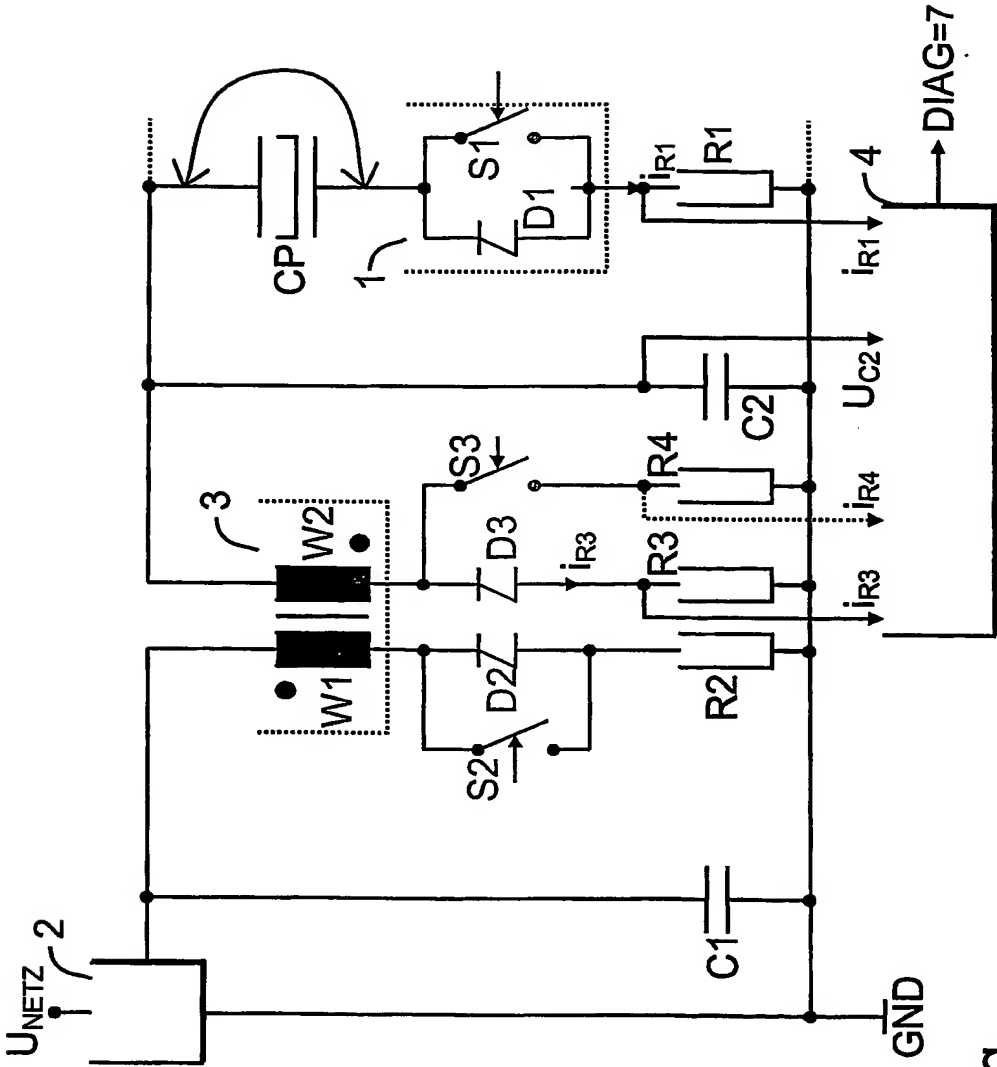


FIG 3g

11 / 11

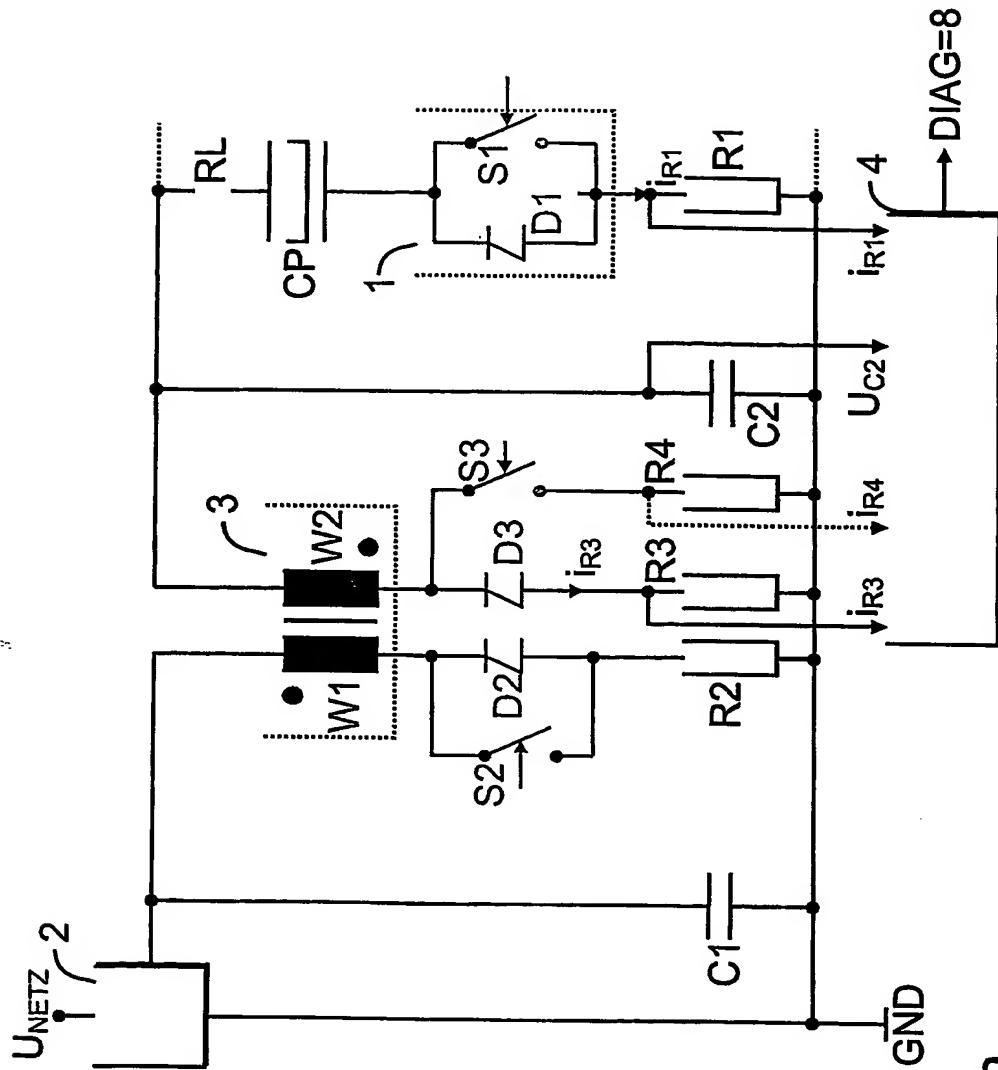


FIG 3h

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 03/03635

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02D41/20 F02D41/22 G01R31/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1 138 917 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) cited in the application abstract; figures 3,4 paragraphs '0027!', '0040!', '0068!', '0069! -----	1,2, 7-11,13, 14,17-20
Y	EP 0 358 972 A (MARELLI AUTRONICA) 21 March 1990 (1990-03-21)  page 4, line 15 - line 57 -----	1,2, 7-11,13, 14,17-20
A	EP 1 139 442 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) abstract paragraphs '0050!', '0060!', '0074! -----  -/--	1,10



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 March 2004

Date of mailing of the international search report

16/03/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Röttger, K

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 93/03635

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>RUDOLPH G: "INTELLIGENTER DOPPELTREIBER FUER INDUKTIVE LASTEN" ELEKTRONIK, FRANZIS VERLAG GMBH. MUNCHEN, DE, vol. 42, no. 7, 6 April 1993 (1993-04-06), pages 86,91-93, XP000356036 ISSN: 0013-5658 the whole document</p>	1,10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/03635

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1138917	A	04-10-2001	EP 1138917 A1	04-10-2001
			JP 2001349241 A	21-12-2001
			US 2002000761 A1	03-01-2002
EP 0358972	A	21-03-1990	IT 1223822 B	29-09-1990
			AT 78081 T	15-07-1992
			DE 68902028 D1	13-08-1992
			DE 68902028 T2	14-06-1995
			EP 0358972 A1	21-03-1990
			ES 2033058 T3	01-03-1993
			JP 2091580 A	30-03-1990
			US 5173832 A	22-12-1992
EP 1139442	A	04-10-2001	EP 1139442 A1	04-10-2001
			JP 2002010658 A	11-01-2002
			US 2001054858 A1	27-12-2001

## INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Internationales Patentzeichen

PCT/DE 03/03635

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02D41/20 F02D41/22 G01R31/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 1 138 917 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 3,4 Absätze '0027!', '0040!', '0068!', '0069! ---	1,2, 7-11,13, 14,17-20
Y	EP 0 358 972 A (MARELLI AUTRONICA) 21. März 1990 (1990-03-21)  Seite 4, Zeile 15 - Zeile 57 ---	1,2, 7-11,13, 14,17-20
A	EP 1 139 442 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Zusammenfassung Absätze '0050!', '0060!', '0074! ---  -/--	1,10

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&amp;\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. März 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

16/03/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Röttger, K

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>RUDOLPH G: "INTELLIGENTER DOPPELTREIBER FÜR INDUKTIVE LASTEN" ELEKTRONIK, FRANZIS VERLAG GMBH. MÜNCHEN, DE, Bd. 42, Nr. 7, 6. April 1993 (1993-04-06), Seiten 86,91-93, XP000356036 ISSN: 0013-5658 das ganze Dokument</p>	1,10



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die derselben Patentfamilie gehören

Internationaler Kennzeichen

PCT/DE 03/03635

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
EP 1138917	A	04-10-2001	EP	1138917	A1		04-10-2001	
			JP	2001349241	A		21-12-2001	
			US	2002000761	A1		03-01-2002	
EP 0358972	A	21-03-1990	IT	1223822	B		29-09-1990	
			AT	78081	T		15-07-1992	
			DE	68902028	D1		13-08-1992	
			DE	68902028	T2		14-06-1995	
			EP	0358972	A1		21-03-1990	
			ES	2033058	T3		01-03-1993	
			JP	2091580	A		30-03-1990	
			US	5173832	A		22-12-1992	
EP 1139442	A	04-10-2001	EP	1139442	A1		04-10-2001	
			JP	2002010658	A		11-01-2002	
			US	2001054858	A1		27-12-2001	